

DIAGNÓSTICO DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA NA CAFEICULTURA IRRIGADA II. AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA

Roberta Alessandra Bruschi Gonçalves; Everardo Chartuni Mantovani; Márcio Mota Ramos; Luiz Otávio Carvalho de Souza

*Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG,
robertabruschi@gmail.com*

1 RESUMO

A uniformidade de aplicação de água influencia diretamente a produtividade das culturas, que tende a aumentar com a uniformidade de irrigação. O objetivo deste trabalho foi determinar os coeficientes de uniformidade de distribuição de água residuária da suinocultura (ARS) em 6 propriedades cafeeiras, que aplicam ARS via sistema de irrigação, localizadas em 5 diferentes municípios da região de cerrado de Minas Gerais. Do total de sistemas avaliados, 50% apresentaram coeficientes de uniformidade de distribuição de água residuária (CUC/CUD) abaixo do recomendado. Os melhores resultados estão associados ao sistema de irrigação localizada por gotejamento, mostrando a viabilidade da utilização do mesmo, desde que haja manejo adequado ao longo de todo o processo de tratamento do efluente, inclusive no sistema de filtragem do equipamento.

UNITERMOS: café, reuso, irrigação

**GONÇALVES, R. A. B.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; SOUZA, L. O. C. de;
ANALYSIS OF SWINE CULTURE WASTEWATER APPLICATION ON
IRRIGATED COFFEE CROP - II. EVALUATION OF WATER APPLICATION
UNIFORMITY**

2 ABSTRACT

Water application uniformity influences crop productivity that is likely to increase with irrigation uniformity. The objective of this work was to determine the uniformity distribution coefficients of swine culture wastewater on coffee plantations (SCW); the analysis was carried out on 6 farms in the Minas Gerais State cerrado region that use SCW through their irrigation system. Half of the assessed systems presented water application uniformity coefficient below the recommended limit. The best results were associated to drop irrigation, showing the viability of this irrigation system use if there is an appropriate management throughout the entire treatment process, including equipment filtration system management.

KEYWORDS: coffee, irrigation, reuse

3 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da população mundial, aliado ao aumento da renda, demandam a expansão da agricultura, que pode ser atendida com a ocupação agrícola de áreas não cultivadas e pelo aumento da produtividade, com a adoção de novas tecnologias, como a irrigação. A irrigação tem por finalidade fornecer a água necessária para o pleno desenvolvimento das plantas, porém a ela podem ser associadas outras finalidades, como a aplicação de produtos químicos, biológicos e águas residuárias, além do controle da salinidade do solo, em associação com a drenagem agrícola.

Na exploração pecuária, os dejetos diluídos, a água desperdiçada em bebedouros e a água de lavagem de instalações para criação em regime de confinamento geram grandes volumes de águas residuárias, as quais são fontes significativas de poluição ambiental. Em várias regiões é comum a utilização da água residuária da suinocultura, aproveitando a matéria orgânica e os nutrientes para adubação do cafeeiro. Dessa maneira, reduzem-se os custos de adubação da cultura e evita-se a contaminação dos cursos d'água pelo lançamento das águas residuárias.

A distribuição das águas residuárias da suinocultura (ARS) no campo pode ser feita, de maneira eficiente, através de sistemas de irrigação. No entanto, o dimensionamento adequado desses sistemas requer o conhecimento das características físicas e químicas do efluente a ser aplicado. Águas residuárias com elevadas concentrações de sólidos em suspensão podem acarretar problemas desde a captação até sua distribuição no solo pelos equipamentos de irrigação, que podem sofrer corrosão e apresentar entupimentos, acarretando diminuição da vida útil e baixas uniformidades de distribuição da água no solo. Sistemas de irrigação por aspersão e localizada podem ser vantajosos na distribuição de águas residuárias, se existir preocupação com o seu manejo, como formas de tratamento e filtração.

O conhecimento das características físico-hídricas do solo e das alterações ocasionadas pela aplicação de ARS é importante para indicar os métodos de irrigação e os equipamentos mais adequados para a sua disposição. Possibilita também, a determinação da área mínima necessária para distribuição do efluente no campo, de acordo com a vazão disponível na granja, além de indicar a periodicidade de incorporação do resíduo orgânico no solo (Gomes Filho, 2000).

Dentre os sistemas mais utilizados na irrigação do cafeeiro destacam-se a aspersão mecanizada (pivô central e autopropelido), aspersão convencional, aspersão em malha, irrigação localizada (gotejamento e mangueiras perfuradas a laser). Cada sistema tem suas vantagens e limitações, de ordem técnica e econômica.

O produtor deverá adquirir o equipamento de aplicação de águas residuárias mais adequado, pela avaliação de suas qualidades e limitações. Os tanques de distribuição tratorizados, com aplicação de maneira localizada, exigem tráfego intenso e provocam compactação do solo, além disso sua movimentação fica comprometida em áreas mais acidentadas ou com solo úmido. Já os sistemas de irrigação por aspersão não têm estas restrições; entretanto, exigem bombas apropriadas para sua operação (Konzen et al., 1997). Um dos fatores que devem ser levados em consideração na aquisição de um equipamento de irrigação diz respeito à sua uniformidade de aplicação. A uniformidade de aplicação de água influencia diretamente a produtividade da cultura, sendo que, essa produtividade tende a aumentar com a uniformidade de irrigação (Soares et al., 1993).

Um outro fator a ser considerado é que, se o sistema de irrigação for também utilizado para a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, a uniformidade de distribuição destes fertilizantes na área vai estar diretamente ligada à uniformidade de aplicação da água,

afetando, desse modo, tanto a produtividade das culturas como os problemas relacionados à lixiviação de nutrientes.

Existem várias equações para se calcular a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação, destacando-se a de Christiansen e a equação de Uniformidade de Distribuição. Christiansen foi o primeiro pesquisador a propor um coeficiente para caracterizar a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por aspersão (equação 1).

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \quad (1)$$

em que,

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

X_i - lâmina coletada no ponto i , mm;

\bar{X} - lâmina média, considerando todos os coletores, mm;

n - número de coletores.

O coeficiente de uniformidade de distribuição, CUD, é uma medida de distribuição da água que relaciona a lâmina média aplicada na quarta parte da área total que recebe menos água com a lâmina média aplicada na área total (equação 2).

$$CUD = 100 \left(\frac{\bar{X}_{1/4}}{\bar{X}} \right) \quad (2)$$

em que,

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

$X_{1/4}$ - lâmina média de 1/4 do total de pluviômetros com as menores lâminas, mm.

O CUD é um coeficiente mais rigoroso, fornecendo valores de uniformidade de distribuição de água mais baixos que o CUC.

O CUC e o CUD também são utilizados para definição do nível de uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação localizada, neste caso, substitui-se os valores de lâmina aplicada nas equações 1 e 2 pela vazão dos emissores.

A irrigação localizada é caracterizada pela aplicação da água em uma região restrita do volume radicular da cultura. A água é aplicada com baixa vazão nas proximidades das plantas, por meio de emissores. Em geral, não se molha a totalidade do solo, diminuindo a área de superfície umedecida, o que possibilita minimizar a evaporação d'água da superfície. A irrigação localizada é caracterizada pela alta frequência de irrigação, pois, ao reduzir o volume de solo molhado e, portanto, a quantidade de água armazenada no solo, faz-se necessário trabalhar com uma frequência que mantenha alto conteúdo de umidade no solo (Bernardo, 1996).

Nas equações 3 e 4 apresentam-se as equações de CUC e CUD para o sistema.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (3)$$

$$CUD = 100 \left(\frac{q_{1/4}}{\bar{q}} \right) \quad (4)$$

em que,

$q_{1/4}$ - vazão de cada emissor, L h⁻¹;

\bar{q} - vazão média dos emissores, L h⁻¹;

n - número de emissores.

Tradicional na exploração da cultura do café, as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba vêm se destacando na cafeicultura irrigada desde a década de 90, possuindo elevada produtividade, com café de excelente qualidade. A região também destaca-se na produção da carne suína onde, segundo a ASTAP (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba), existem cadastrados 75 suinocultores, dos quais 25 a 30% também são cafeicultores.

Tendo em vista a ocorrência de problemas ambientais advindos do manejo inadequado de dejetos de suínos, aliados à escassez e baixa qualidade de água, tornou-se objetivo deste trabalho um diagnóstico representativo com ênfase no processo de distribuição de ARS em propriedades cafeeiras nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no período de setembro a outubro de 2001, nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG, abrangendo os municípios de Uberaba, Patrocínio, Patos de Minas, Carmo do Paranaíba, Varjão de Minas, Romaria e Monte Carmelo.

Selecionaram-se e contactaram-se onze propriedades com o auxílio da ASTAP (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba), AST (Associação dos Suinocultores do Triângulo Mineiro), UNIUBE (Universidade de Uberaba) e da própria indicação de alguns proprietários. A ASTAP possui 75 suinocultores cadastrados, dos quais 25 a 30% também são cafeicultores.

Foram levantadas informações técnicas necessárias para se conhecer a atual situação dos sistemas de irrigação que aplicam as águas residuárias das granjas suínícolas na cafeicultura. Os mesmos tiveram sua uniformidade avaliada em condições de campo por meio do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), utilizando metodologia descrita por Bernardo (1996) para sistemas de irrigação por aspersão e metodologia proposta por Merriam e Keller (1978), modificada por Deniculi et al. (1980), para sistemas de irrigação localizada. Os coeficientes foram calculados com uso do programa AVALIA 1.0 p (Borges Júnior e Mantovani, 2001).

Foram determinados os coeficientes de uniformidade de distribuição de água em 6 sistemas de irrigação localizados em 5 municípios das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Em cada propriedade fez-se a avaliação de um evento de irrigação, sem interferir no manejo adotado pelo proprietário, com o objetivo de determinar a uniformidade de distribuição da água residuária.

No Quadro 1 são apresentados os municípios e os dados gerais de cada sistema de irrigação avaliado. O restante das propriedades dispõe as águas residuárias na lavoura cafeeira via tanque distribuidor (chorumeira) ou sulco. Denominou-se os canhões hidráulicos de 1, 2 e 3, já que as avaliações foram realizadas em três propriedades distintas, localizadas em Patos de Minas e Carmo do Paranaíba.

Quadro 1. Sistema, localização, área total cafeeira (ATC), área cafeeira fertirrigada com água residuária (ACA), idade da lavoura e idade do sistema de irrigação

Sistema	Município	ATC (ha)	ACA (ha)	Idade da lavoura (anos)	Idade do sistema (anos)
1 - Autopropelido	Monte Carmelo	385	380	3	1
2 - Canhão 1	Patos de Minas	13,8	13,8	3,5	1
3 - Canhão 2	Patos de Minas	88,5	88,5	2	10
4 - Canhão 3	Carmo do Paranaíba	1700	50	3,5	3,5
5 - Aspersão em malha	Uberaba	80	17	3	2
6 - Gotejamento	Romaria	35	35	1 e 2	1

Utilizando metodologia descrita por Bernardo (1996), determinou-se a uniformidade de distribuição de ARS para os sistemas de irrigação por autopropelido, canhão hidráulico e aspersão convencional (em malha).

Para determinação da uniformidade de aplicação de água residuária no sistema autopropelido, instalaram-se coletores em duas linhas perpendiculares à direção de deslocamento do equipamento a uma distância tal que as precipitações do autopropelido, quando no início e no final da faixa, não atingissem a linha dos pluviômetros. Os coletores, em cada uma das linhas, ficaram espaçados de 4 metros, equidistantes em relação à linha de deslocamento do autopropelido, de modo a cobrir toda a faixa irrigada. O sistema autopropelido trabalha com aplicação de ARS há um ano, é do tipo carretel enrolador, apresentando mangueira de polietileno de alta densidade, e possui aspersor com dois bocais, sendo o maior de 26 mm. A pressão verificada no manômetro do carretel foi de 50 mca.

No sistema de irrigação por aspersão convencional (em malha) e canhões, instalou-se um conjunto de pluviômetros, formando uma malha, equidistantes de 4 metros, de modo a cobrir toda a área molhada pelo aspersor. Os aspersores do sistema por aspersão em malha são de média pressão e apresentam dois bocais, com diâmetros de 5 e 2,5 mm.

Os sistemas foram ligados por um período correspondente ao tempo normal de irrigação com água residuária adotado por cada suinocultor. Ao final do teste mediu-se o volume de água residuária coletada em cada pluviômetro, efetuando-se posteriormente o cálculo dos coeficientes CUC e CUD. As pressões de serviço dos aspersores canhão hidráulico não foram medidas em campo, registrando-se apenas a pressão verificada no próprio carretel para o autopropelido. Por outro lado, as pressões de serviço do sistema por aspersão convencional (em malha) foram medidas utilizando-se um tubo de Pitot acoplado a um manômetro de Bourdon.

A determinação da uniformidade de distribuição de ARS para o sistema de irrigação por gotejamento foi feita em três dos cinco setores existentes no sistema da propriedade, segundo metodologia proposta por Merriam e Keller (1978) modificada por Deniculi et al. (1980). Esta metodologia consiste na coleta do volume de água nos gotejadores, em quatro linhas laterais pré-determinadas, ou seja, a primeira linha lateral, a situada a 1/3 da origem, a situada a 2/3 e a última. Em cada linha lateral, selecionaram-se oito plantas (primeira, a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 e última) e mediu-se a vazão total que cada planta recebe. Para a medição de vazão, foi coletado em cada emissor, previamente selecionado, o volume aplicado em um tempo de três minutos; as pressões foram obtidas com o uso de um manômetro de Bourdon, ao final das linhas laterais avaliadas.

Os coeficientes CUC e CUD foram determinados utilizando o software AVALIA 1.0 p. O software permite ao usuário avaliar sistemas de irrigação por aspersão dos tipos aspersão convencional, autopropelido ou pivô central, e sistemas de irrigação localizada dos tipos microaspersão, gotejamento ou tubos de polietileno flexível perfurado. Com base em testes de campo, tais como lâmina aplicada, lâminas coletadas em malhas de coletores, vazão de emissores, vazão de sistema, pressão de serviço do sistema, umidade de capacidade de campo, umidade do solo antes da irrigação, disposição do sistema de irrigação no campo, entre outros, se faz a avaliação da uniformidade de aplicação de água pelos sistemas e a avaliação de desempenho da irrigação (Borges Júnior e Mantovani, 2001).

Para caracterização das condições climáticas no momento dos testes, instalou-se próximo ao local uma estação meteorológica automática para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação e precipitação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em toda a região estudada e com base no critério de seleção das propriedades (granja de suíno e cafeicultura), avaliou-se todos os tipos de sistemas de irrigação que são utilizados para aplicação de ARS na cafeicultura. Apenas os canhões hidráulicos foram os sistemas utilizados em mais de um local.



(a)



(b)

Figura 1. Aplicação de águas residuárias na cafeicultura via tanque de distribuição superficial (a) e em profundidade (b), nos municípios de Monte Carmelo e Patos de Minas – MG, respectivamente.

Observou-se em algumas propriedades a utilização da irrigação por superfície (sulco) para aplicação de águas residuárias (Figura 2). Em condições de campo, não avaliou-se a uniformidade desta forma de aplicação, apenas constatou-se a maneira precária como o sistema é utilizado.



Figura 2. Demonstração da distribuição de água residuária da suinocultura por superfície (sulco) via tubulação de irrigação (Patos de Minas– MG).

No Quadro 2 são apresentados os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para os sistemas autopropelido, canhão, aspersão em malha e gotejamento, suas respectivas classificações, assim como os valores médios de velocidade do vento e umidade relativa no momento do teste.

Quadro 2. Valores médios de velocidade do vento, umidade relativa do ar, coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) e classificação dos sistemas avaliados

Sistema	VV (m s ⁻¹)	UR (%)	CUC (%)	CUD (%)	Classificação ¹
1 - Autopropelido	2,6	49	53	28	Inaceitável
2 - Canhão hidráulico 1	1,6	36	75	67	Razoável
3 - Canhão hidráulico 2	1,4	50	83	76	Bom
4 - Canhão hidráulico 3	0,9	52	74	62	Razoável
5 - Asp. convencional (malha)	2,9	32	72	60	Razoável
6 - Gotejamento – Setor 1	-	-	94	89	Excelente
7 - Gotejamento – Setor 2	-	-	95	91	Excelente
8 - Gotejamento – Setor 3	-	-	95	90	Excelente

¹Fonte: Avalia 1.0 p (Borges Júnior e Mantovani, 2001)

Através da análise do Quadro 2, pode-se observar que em 3 propriedades (50% dos casos) a uniformidade se encontra abaixo do limite recomendado (CUC de 75 a 85% e CUD acima de 70%), mostrando que os sistemas têm algum tipo de problema no que diz respeito à distribuição do efluente; sendo os sistemas de irrigação tipo autopropelido e gotejamento os que apresentaram menor e maior coeficientes de uniformidade de Christiansen e de distribuição, respectivamente.

Segundo critério apresentado por Solomon (1990), as condições de velocidade de vento (menores que $2,9 \text{ m s}^{-1}$) são consideradas de moderada a fraca para irrigação por aspersão. No entanto, os valores encontrados para umidade relativa do ar (36 a 52%) podem ser considerados baixos, interferindo nas perdas por evaporação sem contudo afetar a uniformidade. Keller e Bliesner (1990), consideram que, sob condições de vento moderado a fraco, valores de CUC indicadores de boa uniformidade devem estar acima de 70%.

A baixa uniformidade encontrada, inferior à recomendada, não indica que o sistema tipo autopropelido seja inviável na aplicação de ARS. Fatores como regulagem inadequada da pressão de serviço e manejo inadequado da ARS provocam o entupimento de bocais.

Para sistemas de aspersão equipados com canhão hidráulico, os valores obtidos foram de 75, 83 e 74%. Também segundo Keller e Bliesner (1990), valores típicos de CUC para este sistema devem estar na faixa de 60 a 75% para condições de vento moderado a fraco.

No caso de aspersão convencional (em malha), o coeficiente obtido foi 72%, abaixo do recomendado (Bernardo, 1996 e Merrian e Keller, 1978).

Por outro lado, verifica-se que o sistema de irrigação localizada por gotejamento foi o que apresentou os melhores resultados na distribuição de ARS, podendo ser classificado com ótimo, segundo critério apresentado por Merrian e Keller (1978). Tal fato pode ser explicado pelas práticas de manejo com o sistema em campo adotados pelo produtor, tais como limpeza periódica criteriosa do sistema de filtragem, possibilitando maior pressão nos pontos de emissão, a idade do sistema (1 ano), projeto bem dimensionado, que trabalha com pressões de serviço dentro da faixa recomendada pelos fabricantes, assim como limpeza das linhas laterais após a fertirrigação com águas residuárias da suinocultura.

Os perfis de distribuição de água residuária em campo dos sistemas de irrigação avaliados estão apresentadas nas Figuras 3 a 6. Considerando que a irrigação aplicada não tinha por objetivo a reposição do déficit de água no solo (levar o solo à capacidade de campo) e sim a utilização das águas residuárias, considerou-se como objetivo da aplicação (linha tracejada) a lâmina média aplicada (Lm). Dessa maneira, a análise do mesmo deve ser feita de maneira cuidadosa, ou seja, as áreas compreendidas entre o perfil de distribuição (linha cheia) e a Lm não representam necessariamente o déficit na aplicação (acima) e percolação (abaixo). Os gráficos permitem melhor visualização dos defeitos na distribuição de água residuária.

Na Figura 3 apresenta-se o perfil de distribuição de lâminas coletadas na avaliação de uniformidade do sistema autopropelido. Observa-se que existem regiões que receberam lâminas acima de 40 mm de ARS e outras que receberam uma lâmina quase nula, o que proporcionou nível de uniformidade inaceitável (Quadro 2). Considerando que a distribuição de ARS segue o mesmo padrão da distribuição da água, verifica-se condição inadequada de distribuição de ARS.

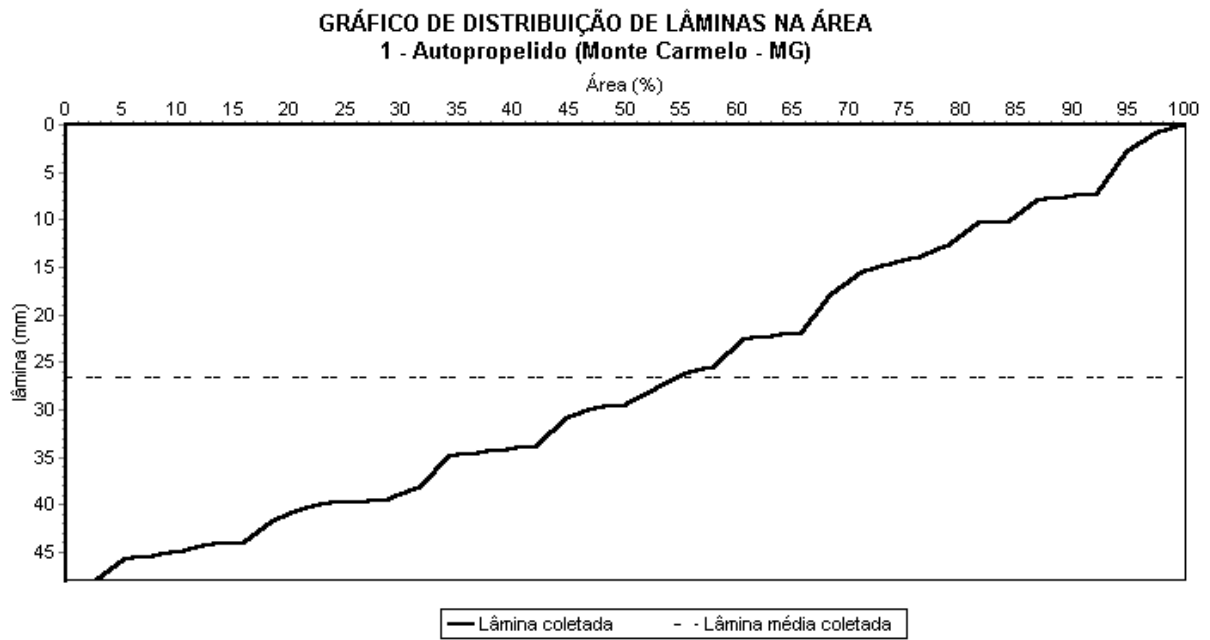
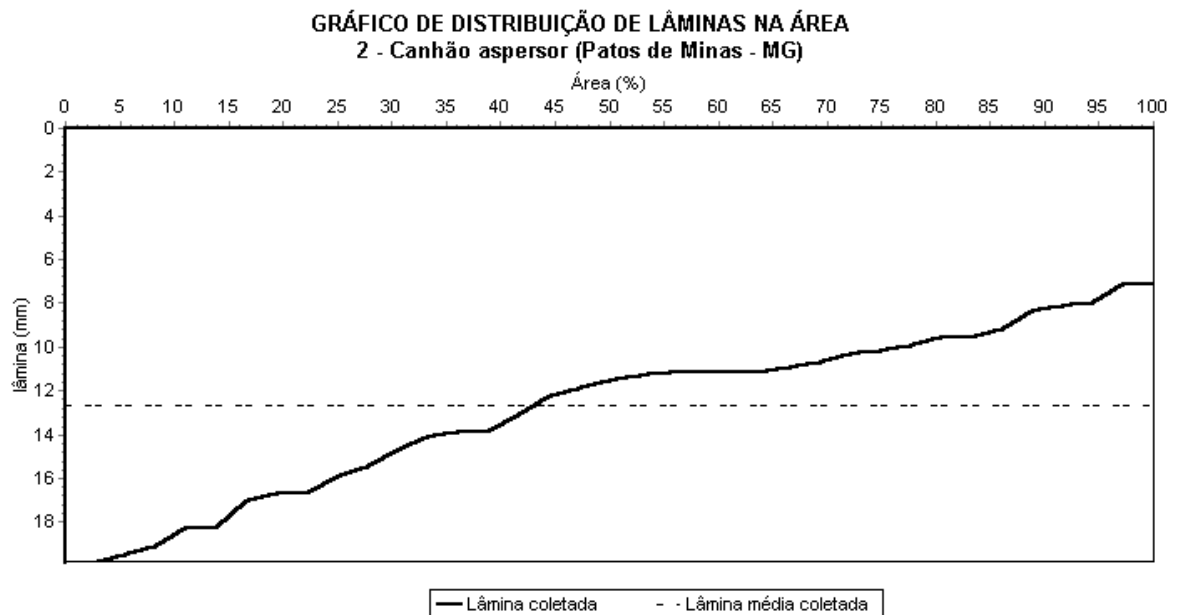


Figura 3. Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada para o sistema autopropelido.

Os gráficos apresentados na Figura 4 mostram os perfis de distribuição de lâminas na área para os canhões hidráulicos. Os gráficos referentes aos canhões obtiveram uma maior aproximação entre as curvas de lâmina média coletada e lâminas coletadas do que as do autopropelido, apresentando coeficientes de uniformidade da ordem de 75, 83 e 74%. Em média, receberam lâminas de 12,2; 48 e 19 mm de água residuária.



(a)

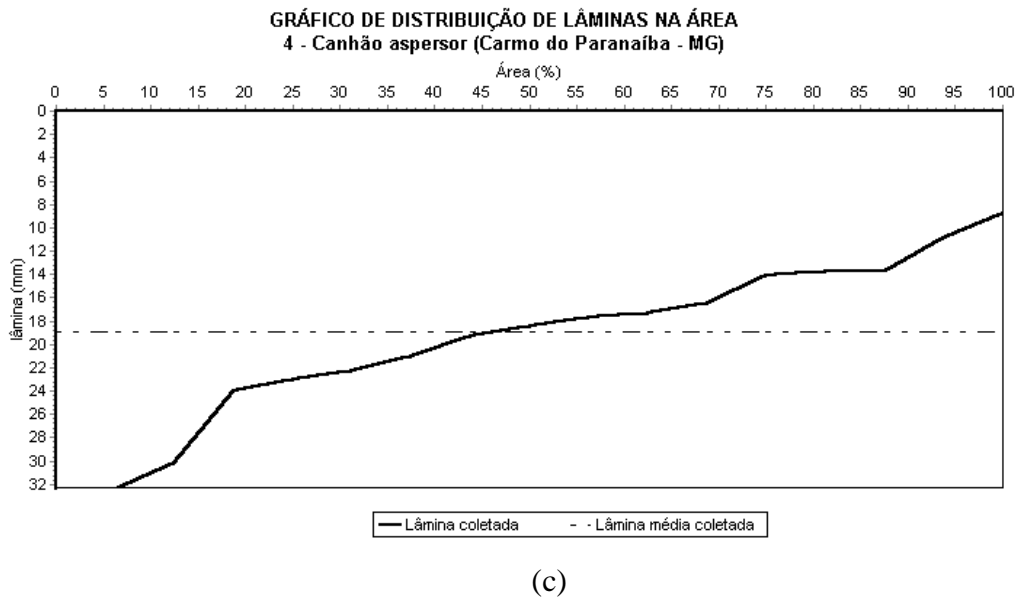
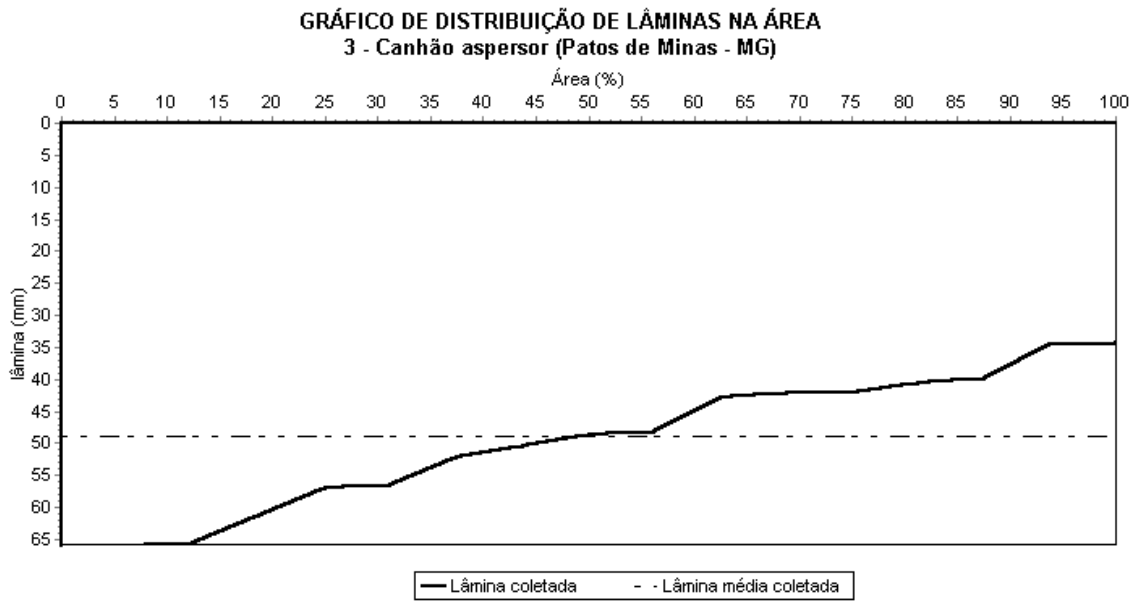


Figura 4. Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada, para os sistemas: (a) canhão 1; (b) canhão 2; e (c) canhão 3.

Através da figura 5, visualiza-se a amplitude das lâminas de ARS distribuídas em campo no sistema por aspersão convencional (em malha). Com lâminas aplicadas que variaram de 2 a 9 mm, o gráfico apresenta a uniformidade do sistema, 72%.

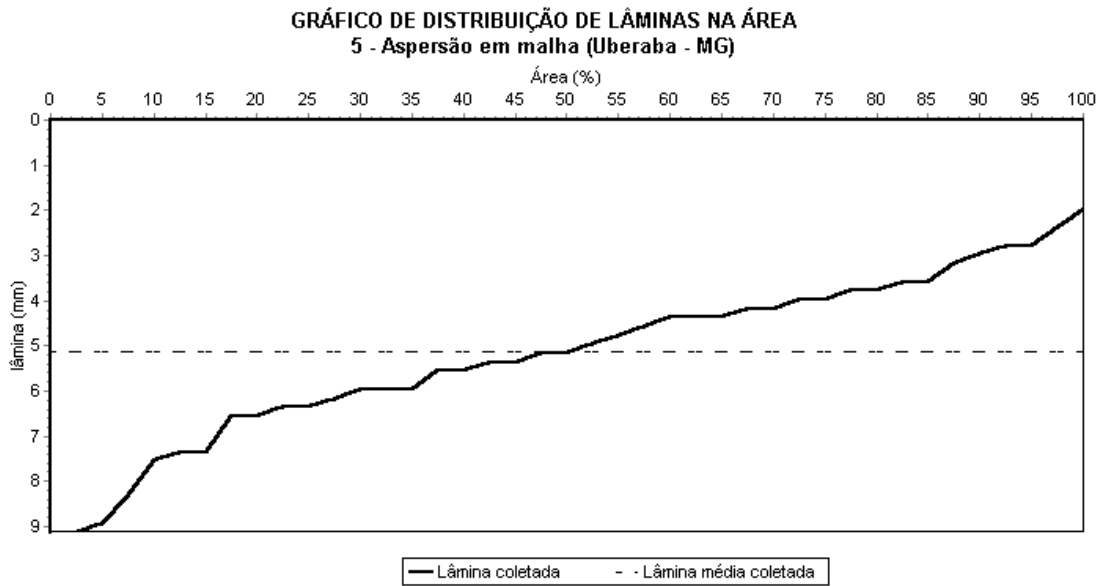
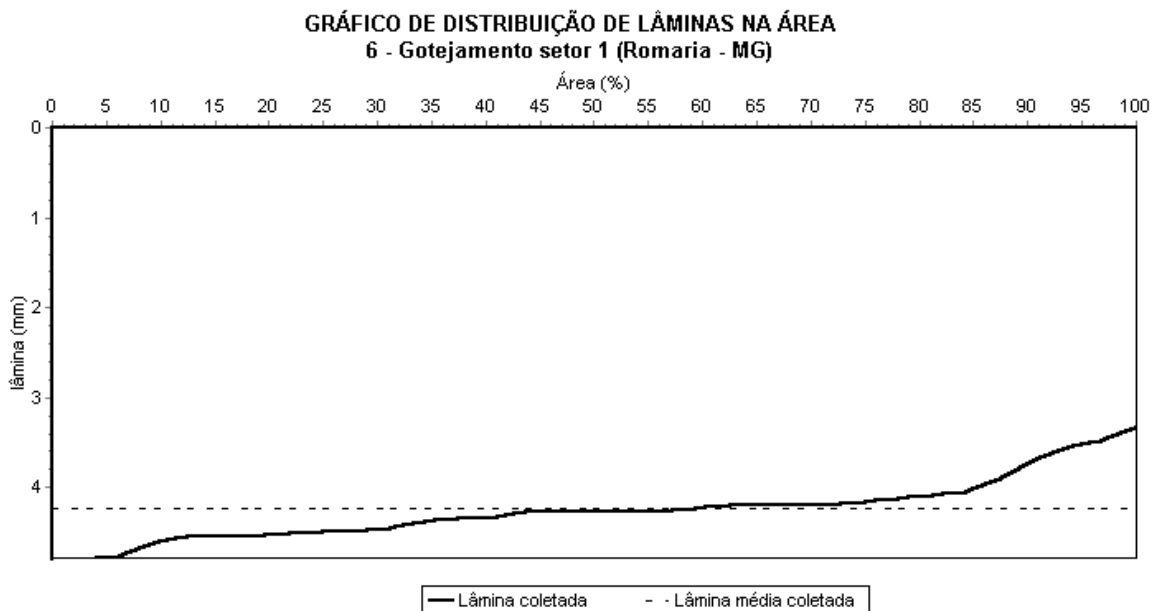
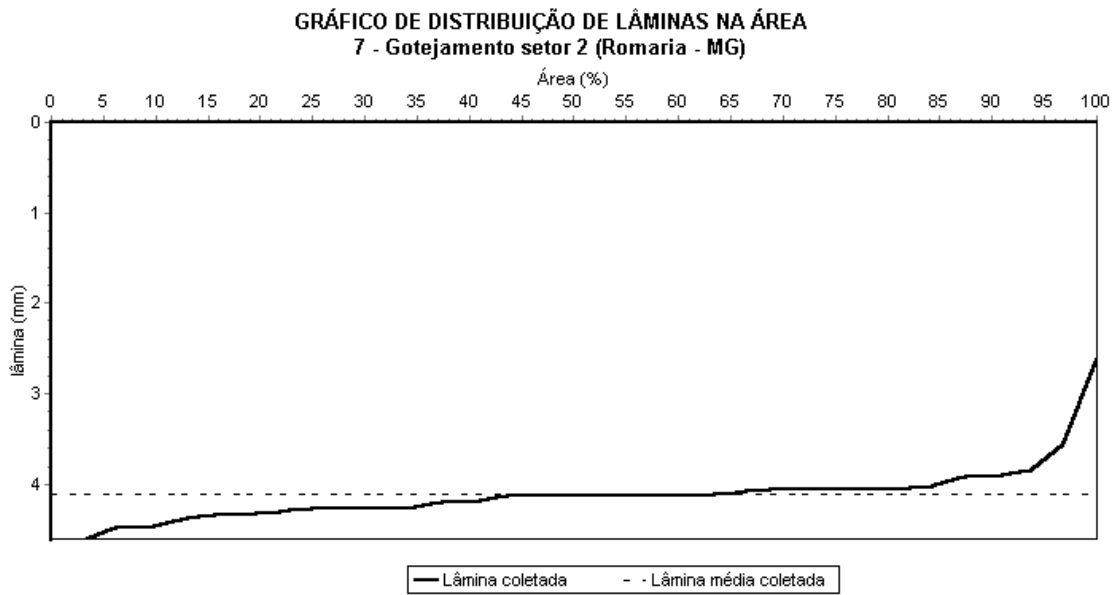


Figura 5. Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada, para o sistema por aspersão em malha.

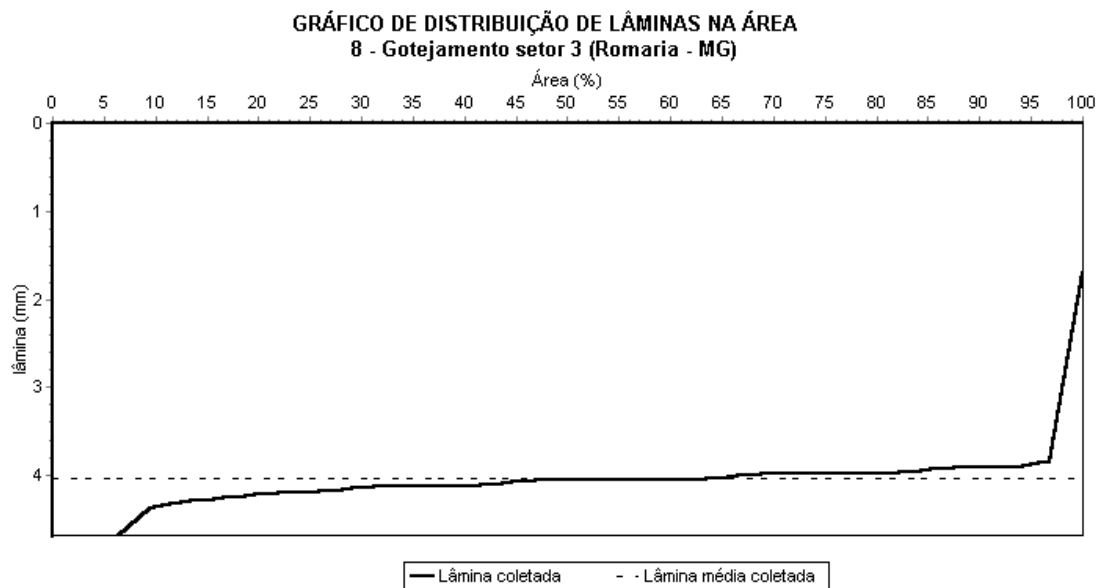
Por último, a figura 6, referente às avaliações nos três setores de irrigação localizada por gotejamento para aplicação de águas residuárias da suinocultura, foram as que apresentaram o maior ajuste entre as curvas de lâminas coletadas e lâmina média coletada de todos os sistemas que tiveram sua uniformidade avaliada. Ambas praticamente se igualam ao longo da área em que foram realizadas as avaliações, mostrando em forma gráfica os elevados coeficientes de uniformidade de distribuição de ARS encontrados para este sistema.



(a)



(b)



(c)

Figura 6. Perfil de distribuição de água e lâmina média coletada, para os sistemas por gotejamento: (a) setor 1; (b) setor 2; e (c) setor 3.

6 CONCLUSÕES

- 1) Conclui-se que, do total de sistemas avaliados, 50% apresentaram coeficientes de uniformidade de distribuição de água residual (CUC/CUD) abaixo do recomendado;

- 2) Os melhores resultados de uniformidade estão associados ao sistema de irrigação localizada por gotejamento, mostrando a viabilidade da utilização do mesmo, desde que haja manejo adequado ao longo do processo de tratamento do efluente.

7 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
Ao Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - EMBRAPA/Café

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1996. 596 p.
- BORGES JÚNIOR, J.C.F., MANTOVANI, E.C. Desenvolvimento de um programa para avaliação da irrigação por sistemas pressurizados. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, P. 42-48, 2001, Araguari – MG, **Anais...**Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIABAUT, J.T.L., SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.
- GOMES FILHO, R. R. **Tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizando o cultivo hidropônico de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e aveia forrageira (*Avena strigosa*)**. 2000. 139f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- KELLER, J., BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.
- KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; BAHIA FILHO; A. F. C.; PEREIRA, F. A **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 31 p. (Circular Técnica, 25).
- MERRIAN, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.
- SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; LUCATO JÚNIOR, J. Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô-central no estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus - BA. **Anais...** Ilhéus: 1993. p 2688-2702.
- SOLOMON, K. H. **Sprinkler irrigation uniformity**. Fresno: California State University, 1990. 15 p. (Irrigation notes).